

# RECORDING APPARATUS

**Patent number:** JP8025741 (A)

**Publication date:** 1996-01-30

**Inventor(s):** KAWAKAMI YOSHIO +

**Applicant(s):** CANON DENSHI KK +

**Classification:**


- international: **B41J19/18; G01D5/245; B41J19/18; G01D5/12; (IPC1-7): B41J19/18; G01D5/245**

- european:

**Application number:** JP19940168515 19940721

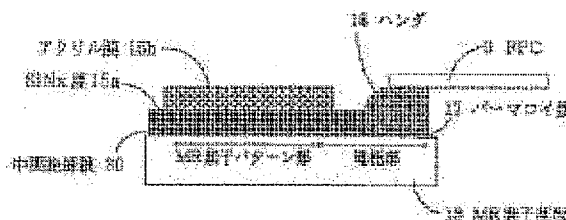
**Priority number(s):** JP19940168515 19940721

**Also published as:**

 JP3228836 (B2)

## Abstract of JP 8025741 (A)

**PURPOSE:**To obtain a high output from a magnetic head and improve a corrosion resistance and durability of the magnetic head. **CONSTITUTION:**A magnetic head has a base plate 13 adjacent to and opposed to a magnetic scale part in a parallel state, an MR element consisting of a plurality of linear MR element patterns arranged side by side in the form of a permalloy film 17 provided on the surface of the base plate 13, an amorphous SiNx film 15a covering the MR element, an intermediate insulation film 20 for preventing the reaction of the film 15a with the permalloy film 17 when the film 15a is formed, and a slider supporting the base plate 13 and slidable for the magnetic scale part. Also, the hardness of the SiNx film 15a is harder than that of the magnetic scale part and that of a sliding bearing part in which the magnetic scale part of the slider is fitted slidably.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-25741

(43) 公開日 平成8年(1996)1月30日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J 19/18	E			
G 0 1 D 5/245	X			
	R			
	1 0 1 H			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-168515

(22) 出願日 平成6年(1994)7月21日

(71) 出願人 000104652

キヤノン電子株式会社

埼玉県秩父市大字下影森1248番地

(72) 発明者 川上 良男

埼玉県秩父市大字下影森1248番地 キヤノン電子株式会社内

(74) 代理人 弁理士 加藤 卓

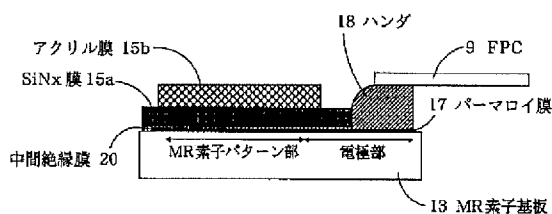
#### (54) 【発明の名称】 記録装置

#### (57) 【要約】

【目的】 キャリッジ位置の検出手段として磁気スケール部と磁気ヘッドからなる磁気式リニアエンコーダを有した記録装置において、磁気ヘッドから高い出力が得られるとともに、磁気ヘッドの耐食性、耐久性を向上できるようにする。

【構成】 磁気ヘッドは、磁気スケール部に近接して平行に対向する基板13と、その表面に成膜されたパーマロイ膜17に形成された複数本並ぶ線状のMR素子パターンからなるMR素子と、それを覆うアモルファスSiNx膜15aと、この膜15aの成膜時のパーマロイ膜17との反応を防止する中間絶縁膜20と、基板13を支持して磁気スケール部に対し摺動可能なスライダとを有し、SiNx膜15aの硬さは、磁気スケール部の硬さ、及びスライダの磁気スケール部を摺動可能に嵌合する滑り軸受部の硬さより硬い。

(図13)



#### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録ヘッドを搭載したキャリッジを移動させて記録を行なう記録装置であって、前記キャリッジの位置を検出する手段として、前記キャリッジの移動路に平行に固定され、長さ方向に沿って所定ピッチで交互に逆極性に着磁した一直線状の磁気スケール部と、前記キャリッジに固定され、前記磁気スケール部の磁界を検知する磁気ヘッドとからなる磁気式リニアエンコーダを備えた記録装置において、

前記磁気ヘッドは、表面が前記磁気スケール部に近接して平行に対向するように配置され少なくとも表面が絶縁体からなる基板と、この基板の表面に、前記磁気スケール部の長さ方向に沿って磁気スケール部の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された強磁性体薄膜からなる線状の磁気抵抗効果素子パターンからなる磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子を覆うように前記基板の表面上に成膜されたアモルファス窒素化合物絶縁体からなる保護膜と、

前記磁気スケール部を摺動可能に嵌合する滑り軸受部を有し、前記基板を支持して前記磁気スケール部に対し摺動可能なスライダとを有し、前記保護膜の硬さは、前記磁気スケール部及び前記スライダの滑り軸受部より硬いことを特徴とする記録装置。

【請求項 2】 記録ヘッドを搭載したキャリッジを移動させて記録を行なう記録装置であって、前記キャリッジの位置を検出する手段として、前記キャリッジの移動路に平行に固定され、長さ方向に沿って所定ピッチで交互に逆極性に着磁した一直線状の磁気スケール部と、前記キャリッジに固定され、前記磁気スケール部の磁界を検知する磁気ヘッドとからなる磁気式リニアエンコーダを備えた記録装置において、

前記磁気ヘッドは、表面が前記磁気スケール部に近接して平行に対向するように配置され少なくとも表面が絶縁体からなる基板と、この基板の表面に、前記磁気スケール部の長さ方向に沿って磁気スケール部の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された強磁性体薄膜からなる線状の磁気抵抗効果素子パターンからなる磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子を覆うように前記基板の表面上に成膜されたアモルファス窒素化合物絶縁体からなる保護膜と、前記強磁性体薄膜と前記保護膜との間に形成され、前記保護膜の成膜時の前記強磁性体薄膜との反応を防止する中間絶縁膜と、を有することを特徴とする記録装置。

【請求項 3】 前記強磁性薄膜が  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金からなり、前記中間絶縁膜が窒素を含まない無機系絶縁膜であることを特徴とする請求項 2 に記載の記録装置。

【請求項 4】 前記保護膜が少なくとも  $\text{Si}$  と窒素を含むアモルファス窒素化合物薄膜であることを特徴とする

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の記録装置。

【請求項 5】 前記保護膜が  $\text{SiN}_x$  ( $x=0.05$  以上) からなることを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の記録装置。

【請求項 6】 前記磁気スケール部は金属系磁性材または酸化物磁性材からなることを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の記録装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は記録装置に関し、特に記録ヘッドを搭載したキャリッジを移動させて記録を行なう、いわゆるシリアル型の記録装置であって、磁気式リニアエンコーダによりキャリッジの位置を検出する記録装置に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】 磁気式リニアエンコーダは、長さ方向に沿って所定ピッチで交互に逆極性に着磁した一直線状の磁気スケール部と、この磁気スケール部に沿って移動可能に設けられ、磁気スケール部の磁界を検知する磁気ヘッドからなり、その磁気ヘッドは磁気抵抗効果素子（以下、MR 素子と略称する）から構成される。この磁気式リニアエンコーダをシリアル型の記録装置においてキャリッジの位置検出に用いた構成が提案されている。

【0003】 この場合、記録装置内で磁気式リニアエンコーダの磁気ヘッドにインクや人間の汗などが付着するため、磁気ヘッドの長期通電テストをすると電気化学的腐食を起こし、パーマロイなどの強磁性体の薄膜からなる MR 素子の線ないし帯状パターンが細り、断線を生ずる。これを防止するためには、MR 素子をインク、汗液、水等から遮断する必要がある。このために、従来の記録装置の磁気式リニアエンコーダの磁気ヘッドには図 6 のような構造が採用されている。

【0004】 図 6 において、符号 60 は磁気スケール部、61 は磁気ヘッドの要部の磁気ヘッド素子部である。磁気ヘッド素子部 61 は、ガラス基板 62 上に薄膜からなる MR 素子 63 を形成し、その上に接着剤 64 により保護ガラス板 65 を接着した構造となっている。磁気ヘッド素子部 61 は、ギャップ  $g$  を介し磁気スケール部 60 に対向し、磁気スケール部 60 の長さ方向（図中左右方向）に対し、MR 素子 63 を形成した面が直交するように配置される。

【0005】 このような構造によれば、MR 素子 63 は接着剤 64、保護ガラス板 65 に覆われ、大気中に曝されるのは端面だけであって極めて少なく、MR 素子の耐食性を向上できる。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図 6 のような構造では、磁気スケール部 60 に対する MR 素子 63 の成膜面の配置の向きとの関係上、MR 素子 63 の磁界を検知する強磁性体薄膜の線ないし帯状のパターン

は1本だけになってしまうので、高い出力は得られない。特に、例えば高密度のドット方式でカラー記録を行なうプリンタで磁気式リニアエンコーダを用いる場合、省スペース、高速応答性、高精度などの要請から、磁気スケール部として、Fe-Cr-Co合金あるいはCo-PメッキワイヤやBaフェライト塗布ワイヤ等からなり径が1mm程度と細いマグネットワイヤで、N極とS極の着磁のピッチがドット密度に対応して100μm以下で例えば50μmという非常に小さいピッチで着磁したものをを用いることが提案されており、その場合、図6の構造の磁気ヘッドでは出力が極めて低く、必要な高さが得られないという問題があった。

【0007】そこで本発明の課題は、磁気式リニアエンコーダを用いてキャリッジの位置検出を行なうシリアル型の記録装置において、磁気式リニアエンコーダの磁気スケール部が上述のマグネットワイヤのように細くて着磁のピッチが非常に小さい場合でも、同エンコーダの磁気ヘッドから必要な高さの出力信号を得て確実にキャリッジ位置検出を行なえるようにするとともに、前記磁気ヘッドの耐食性、耐久性を向上することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明によれば、上述した磁気スケール部と磁気ヘッドからなる磁気式リニアエンコーダを備えた記録装置において、前記磁気ヘッドは、表面が前記磁気スケール部に近接して平行に対向するように配置され少なくとも表面が絶縁体からなる基板と、この基板の表面に、前記磁気スケール部の長さ方向に沿って磁気スケール部の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された強磁性体薄膜からなる線状の磁気抵抗効果素子パターンからなる磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子を覆うように前記基板の表面上に成膜されたアモルファス窒素化合物絶縁体からなる保護膜と、前記磁気スケール部を摺動可能に嵌合する滑り軸受部を有し、前記基板を支持して前記磁気スケール部に対し摺動可能なスライダとを有し、前記保護膜の硬さは、前記磁気スケール部及び前記スライダの滑り軸受部より硬い構成を採用した。

【0009】また、他の構成として、前記磁気ヘッドは、前記強磁性体薄膜と前記保護膜との間に形成され、前記保護膜の成膜時の前記強磁性体薄膜との反応を防止する中間絶縁膜を有する構成を採用した。

【0010】

【作用】このような構成によれば、磁気抵抗効果素子は、磁気スケール部の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された線状の磁気抵抗効果素子パターンからなるので、前記パターンが1本しかなかった従来例に比べて格段に高い出力が得られる。

【0011】また、アモルファス窒素化合物絶縁体からなる保護膜は水分やイオン等の透過性が少なく、磁気抵抗効果素子の耐食性を向上できるとともに、磁気抵抗効

果素子の成膜時の温度より低温で成膜でき、素子の磁気特性の劣化を防止できる。

【0012】また、保護膜の硬さが磁気スケール部及びスライダの滑り軸受部より硬いことにより、保護膜の摩擦による磁気抵抗効果素子の断線を防止できる。

【0013】さらに、中間絶縁膜を有する構成では、保護膜の成膜時の強磁性体薄膜との反応を防止し、その反応による磁気抵抗効果素子の抵抗値の上昇を防止できる。

【0014】

【実施例】以下、図を参照して本発明の実施例を説明する。

【0015】図1は実施例の記録装置においてキャリッジの位置検出に関わる要部の構成を示している。

【0016】図1において、一点鎖線で示すキャリッジ1は、インクジェット方式などの記録ヘッド2を搭載し、ガイドバー3上に摺動可能に設けられており、外周面に螺旋溝を形成した案内軸4によって往復移動するように案内される。即ち、キャリッジ1は、案内軸4の螺旋溝に係合する不図示の係合部を有し、不図示のキャリッジ駆動モータによって案内軸4が回転駆動されると、前記係合部が案内軸4の螺旋溝に沿って移動し、キャリッジ1が移動する。

【0017】キャリッジ1は、両方向の矢印で示すようにプラテン5に沿って往復移動し、この移動中に記録ヘッド2が駆動され、プラテン5の外周面上に巻付けられた記録シート6に対してインク滴を噴射し、所定ピッチPでドットDを記録する。そして、ドットマトリクスパターンで画像ないし文字が記録される。

【0018】一方、キャリッジ1の位置を検出して同期信号を発生する磁気式リニアエンコーダを構成する磁気スケール部7と磁気ヘッド8が設けられている。

【0019】磁気スケール部7は、先述の径が1mm程度のマグネットワイヤからなり、例えば、図7の(a)のようにワイヤ全体がFe-Cr-Co合金からなるもの、あるいは(b)のように非磁性ステンレスのワイヤの外周にCo-Pメッキしたもの、あるいは(c)のように非磁性ステンレスのワイヤの外周に形成された溝に強磁性酸化物の磁性粉を分散させたバインダを塗布したものとして構成される。そして、磁気スケール部7は長さ方向に沿ってN極とS極がドットDのピッチPに対応したピッチで交互に逆極性に着磁されている。ドットDのピッチP、つまり前記着磁のピッチは便宜上、実際より非常に大きく図示してあり、実際のピッチは100μm以下である。そして、磁気スケール部7は案内軸4に平行、つまりキャリッジ1の移動路に平行に張架されて不図示の記録装置の本体フレームに固定されている。

【0020】また図1において、磁気ヘッド8は、MR素子によりスケール部7の磁界を検知するMRヘッドであり、磁気スケール部7に対し摺動可能でキャリッジ1

内に固定されている。磁気スケール部7の磁界に応じた磁気ヘッド8の出力信号はフレキシブルプリント板9とフレキシブルケーブル10を介し記録装置の制御回路基板11に導かれ、その制御回路において磁気ヘッド8の出力信号によりキャリッジ1の位置が検出されるようになっている。

【0021】次に、磁気ヘッド8の構造の詳細を図2～図5により説明する。

【0022】図2において、磁気ヘッド8の構成部材として、まず符号12はスライダであり、全体として中空の筒状に形成され、磁気スケール部7を挿通し、両端部に形成された滑り軸受部12aに磁気スケール部7を摺動可能に嵌合して磁気スケール部7に対し摺動可能であり、キャリッジ1に固定されている。

【0023】スライダ12の内側には絶縁体のガラスからなるMR素子基板13が固定されており、その表面がギャップgを介して磁気スケール部7に近接して平行に対向するように配置されている。磁気スケール部7の基板13と対向する側の部分が着磁部7aとして着磁されている。

【0024】基板13の表面にはMR素子が設けられている。その様子を図3に示してある。図3は、図2のA部の断面を拡大して磁気スケール部7の着磁状態とMR素子パターン14の配置等を模式的に示している。図3に示すように、基板13の表面にはMR素子を構成するパーマロイなど強磁性体の薄膜からなる線状のパターンであるMR素子パターン14が磁気スケール部7の長さ方向に沿って磁気スケール部7の着磁のピッチ(N極どうし、ないしS極どうしのピッチ)に対応したピッチで複数本(ここでは7本)並んで形成されている。

【0025】さらに基板13上で絶縁体からなる保護膜15がMR素子パターン14の全体を覆うように形成されている。

【0026】ここでMR素子パターン14の膜厚は500オングストローム程度であり、その磁気特性の関係からギャップgは $20\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$ 程度に抑えられ、そのため保護膜15の膜厚も $10\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 程度に抑えられる。

【0027】ところで、図3は、あくまでもMR素子部の断面を模式的に示したものであって、実際にはMR素子パターン14の本数はより多く、保護膜15は好ましくは2層の膜とされる。その実際の磁気ヘッド8のMR素子部の構造例を図4、図5に示してある。図4は保護膜を透視して示す磁気ヘッド8のMRヘッド素子部の表面の平面図、図5は断面図である。

【0028】図4において、7本のMR素子パターン14をつづら折りのように接続して1組としたものが4組設けられ、それぞれの組の両端に電極16a、16bの薄膜パターンが接続されている。即ち、この場合、28本のMR素子パターン14からMR素子が構成されてい

る。

【0029】また、保護膜15は、図5に示すように、MR素子パターン部14と電極16a、16bを形成した強磁性体薄膜(パーマロイ膜)17の直上にアモルファスSiNx膜( $x=0.05\text{at}\%$ 以上)15aを成膜し、その上にUVエポキシ樹脂からなるエポキシ膜15bを成膜して2層の保護膜としている。

【0030】ここで、保護膜15をこのようにした理由を以下に説明する。

【0031】前述のように、保護膜15の膜厚は $10\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ に抑える必要がある。これに対して一般的には簡便な方法として、UVエポキシ樹脂を用い、スクリーン印刷やスピンコート等により、膜厚を制御することが可能である。この場合、腐食を極力抑えるために、 $\text{Cl}^{-1}$ イオンが50ppm以下のUVエポキシを用いる。またパーマロイからなるMR素子パターン14の温度を $150^{\circ}\text{C}$ 以上にあげると、MR特性が劣化するため、保護膜15を $150^{\circ}\text{C}$ 以下で形成するように常温硬化タイプのUVエポキシが用いられる。

【0032】このような条件で保護膜を形成してMRヘッドを作製し、促進環境テストを行なった。条件は人工汗液中に上記MRヘッドを浸漬して正規の電流1.2mAで通電テストを行なった。その結果1hrでMR素子が断線してしまった。これに対し図6の従来例のMRヘッドは100hr通電してもOKであった。

【0033】この原因としてはUVエポキシ樹脂の煮沸吸水率が1hrで0.4wt%であり、吸水して、汗液中の水分やイオンがエポキシ分子を通過するためと思われる。UVエポキシ樹脂は有機系樹脂の中ではかなり煮沸吸水率は少ない方であるが、まだこのレベルではむずかしいものと思われる。その点、無機系の膜は煮沸吸水率が約0である。

【0034】またUVエポキシ樹脂の場合、基板のガラス面との接着強度があまり良くなく、界面が微妙に剥離している可能性がある。今回JISにもとづくクロスカットテストを行なったところ、パーマロイ面上の剥離はなかったが、ガラス面のエポキシ樹脂の剥離がみられた。特にこの現象は、前記の促進環境テスト前に $-20^{\circ}\text{C}$ と $+70^{\circ}\text{C}$ のヒートショックを20回行なってから、通電テストをするとMR素子の断線が速くなったことからわかった。界面の接着強度の弱さはガラスとエポキシ樹脂の相性、または線膨張係数の違いによると思われる。

【0035】これに対し、無機系の保護膜の場合、

(1)材質、(2)成膜方法、(3)成膜手段によりガラスとの接着強度を変えることができ、エポキシ膜より密着強度を上げることが可能である。

【0036】ガラス基板と密着性の良い無機系絶縁物としてはSi系無機絶縁物がある。これはガラスの主成分である $\text{SiO}_2$ と相性が良く、Si-Si結合するため

と思われる。しかし、今回ガラス基板と全く同じ成分の保護膜のスパッタを行なったが、膜質が悪く、ガラス成分中の $Pb^{+}$ や $Na^{+}$ 等のアルカリイオンが環境促進テストで発生し、MR素子の断線を早め、10hrくらいで断線してしまった。

【0037】一方、 $SiN_x$  ( $x=0.05at\%$ 以上)の膜は反応性スパッタやイオンプレーティングで150℃以下で密着性の良い膜となる。 $SiN_x$ の場合、膜は非晶質であり、N量が0.05at%以上で、電気抵抗が $10^2\Omega cm$ から $10^{16}\Omega cm$ 以上の絶縁物へ変化する。また硬さもヌーブ硬度で $N_2=0.05at\%$ 以上入れることによりHk2000以上となり、好ましくは $N_2$ が10at%以上でHk3000以上となる。 $Si$ 膜そのものはHk=1000以下である。

【0038】ところで、前記有機保護膜の形成の場合も無機保護膜の形成の場合も150℃以下で形成しないとMR特性が劣化することを述べたが、その理由を説明しておく。

【0039】MR素子の磁気抵抗変化率を大きくし、また安定化する目的でMR素子の磁化容易方向を磁気スケール部からの磁場方向と平行となる方向に付けておくことが一般的である。このような磁気異方性をMR素子につけさせるためには、MR素子（例えばNi-Fe又はNi-Co）の成膜時に付ける方法と、ホトリソエッチング後の後工程で磁場中焼鈍によりつける方法がある。本実施例の図4の構造の場合、多チャンネル素子で、各チャンネルの抵抗変化率の絶対値ができるだけ近い必要がある。このため、成膜時に磁気異方性を素子の決められた方向に付ける方法のほうが各チャンネル間の抵抗変化率の差が少なくなる。

【0040】しかし、このような方法をとった場合、MR素子成膜後の工程がMR素子成膜時の温度より低い温度でないと、MR素子の磁気異方性が乱れて出力が下がるという現象が発生する。MR素子の成膜時の温度は、Ni-Feの場合とNi-Coの場合で異なるが、膜の密着度と膜の保磁力を考えると、200℃以上が一般的である。そのため本実施例では保護膜の形成時の温度をMR素子の成膜温度より十分下げた150℃以下としたものである。

【0041】以上のように本実施例のMR素子の保護膜は（1）水分やイオン等の透過率性の少ないこと（バッシュベーション性）、（2）保護膜形成時の温度がMR素子成膜時の温度より低いこと、の2点が重要であるが、それ以外に下記のような点も重要となる。

【0042】磁気式リニアエンコーダの近くには、インク等が噴霧するため、磁気ヘッド8のスライダ12部は密閉型構造としており、スライダ12の軸受部12a以外は完全密閉されており、かつ軸受け部12aと磁気スケール部7の間は5～20μm程度に設定している。また、このような狭い隙間でも良好な摺動状態が得られ

るように、スライダ12は、ガラスフィラーを10～50%含有しているPPS（ポリフェニレンサルファイド）で形成されている。

【0043】一方、本実施例のような記録装置の場合、耐久性も重要視され、一般的にはキャリッジ走査の250万往復の耐久が要求される。このような耐久テストを行うと、スライダ12の軸受部12a及び磁気スケール部7は少量ながら削られ、スライダ12が密閉型のため特に図3のギャップg部に両者の削れカスの粉が付着し、その削れ粉により保護膜15や磁気スケール部7が摩耗する場合も発生する。

【0044】磁気スケール部7の着磁深さは深い程出力ができるが、着磁用磁気ヘッドで着磁して磁気スケール部7を作成する場合、着磁深さは最高で着磁ピッチと同等（50μmピッチの時、着磁深さ50μm）で、通常はその半分程度の深さにしか入らない（50μmピッチの時、着磁深さ25μm）。ただし、この着磁深さは、保護膜15の厚さに比べ十分深いため、磁気スケール部7が多少削れても出力は若干下がるが致命的にはならない。

【0045】ところが、無機保護膜の場合、生産性を考慮すると膜厚は5μm以下に限定され、一般的には1～2μmであるため、もし保護膜が削られてMR素子が断線した場合は致命的になる。そのため、保護膜は磁気スケール部7及びスライダ12の軸受部12aより硬い必要がある。

【0046】以上の保護膜の摩耗によるMR素子の断線は非常に確率が少ないが致命的欠陥のため品質上大きな問題となる。保護膜の摩耗を発生させる上記削れ粉の硬さは以下のような物質による。

【0047】まず、スライダ12の軸受部12aの削れ粉の硬さ、特に硬いフィラー粉の硬さは以下の表1のようになる。

【0048】

【表1】

（表1）

フィラー名	ヌーブ硬度 Hk
ガラスファイバー	600～800
炭素繊維	800
炭酸カルシウム	500
SiO <sub>2</sub>	800

【0049】また磁気スケール部7の削れ粉の硬さは、図7の（a）、（b）、（c）に示した各磁気スケール部のタイプにより以下の表2のようになる。

【0050】

【表2】

(表2)

スケール材		ヌーブ硬度 Hk
(a) Fe-Co-Cr 合金		500
(b) Co-P メッキ		500
(c) 塗布型タイプ	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2000
	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2000

【0051】上記表1, 表2中で最も硬い物質を考える

(表3)

窒化物	ヌーブ硬度	酸化物	ヌーブ硬度	炭化物	ヌーブ硬度
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2600	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3000	SiC	3000
TiN	2000	BeO	1300	TiC	3000
ZrN	1500	ZrO <sub>2</sub>	1000	ZrC	2600
NbN	1400	TiO <sub>2</sub>	1000	HfC	2500
AlN	1230	SiO <sub>2</sub>	800	NbC	2400
TaN	1060			WC	2400

【0055】この表3に示されているように、バルクでは硬さは炭化物>窒化物>酸化物となっているが、Hk 2000以上はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と他の炭化物である。しかし、薄膜形成法でなおかつ200℃以下の成膜温度の場合、SiNx以外の化合物はHk 2000以上を達成することができず、なおかつイオン透過性の悪い膜となる。それらの膜は膜成長できず、ボソボソの膜質となる。

【0056】ただしHk 1500~Hk 2000と限定した場合、SiNx以外にSiON、SiAlN等のSiとNと他の元素が入っている絶縁物薄膜は成膜することができる。

【0057】以下、Siの窒化物、酸化物、炭化物の薄膜についてモデル実験した結果を図8、図9のグラフにより説明する。なお成膜はスパッタ法によりSi基板上に膜厚2μmで行なった。

【0058】図8のグラフはSiを中心とした酸化物薄膜と窒化物薄膜と炭化物薄膜の薄膜形成時の基板温度と薄膜の硬さの関係を示している。このグラフに示すとおり、SiNxは基板温度100℃以下で硬さが飽和し、SiOyは250~300℃で飽和し、SiCzは300℃以上でも硬さは飽和しない。これはNが他のO、CあるいはB等と比べ低温薄膜に適しているためと思われる。

【0059】また、図9のグラフは、図8のグラフの各薄膜のイオン透過率をみるために、まず反応しやすい純Feを基板上に500オングストローム形成し、その上

と、Hk 2000以上の硬さが保護膜としては必要となる。

【0052】以上の理由から、保護膜として、低温で成膜でき、なおかつ硬く、そして、イオン透過性が少ないという条件を満足する無機絶縁膜を選ぶ必要がある。

【0053】ここで、下記の表3は、薄膜形成可能な主要窒化物、酸化物、炭化物のバルクでの硬さを示している。

【0054】

【表3】

に上記各薄膜を形成し、塩酸1%で50℃、100hr浸漬時の飽和磁束密度(Ms)の減少率を示している。この実験でSiNxに比べSiOy、SiCzはCl<sup>-</sup>イオンにより低温成膜では純Feが溶かされることがわかった。これはFeの溶解された体積を微少でも感知できるMsで調べた結果である。MsはVSM(振動試料型磁束計)にて測定した。

【0060】以上のように保護膜はSiNxが適している。特に反応性スパッタ法を用いることにより、より低温でなおかつ高レートでSiとNの比が幅広い組成の保護膜を形成することができる。

【0061】また、SiNx、SiON、SiAlNのようにSi系の窒化物の場合Siの反応の手により、アモルファス化しやすく、結晶粒界が存在しないため、イオン透過率が低くなっている。

【0062】ところで、MR素子の腐食は

- (1) 膜質の悪さによる膜上からの腐食
- (2) ゴミによるピンホールからの腐食
- (3) 膜応力大のためによるMR素子基板と膜との剥離による腐食

の3つがあげられる。ここで(1)、(3)の腐食は成膜のスパッタ時のArガス圧力とN<sub>2</sub>ガス圧力を制御することにより対策可能である。これらは反応性スパッタに関して従来より研究されている。しかし(2)の腐食の原因を取り除くことは大変困難である。これは5mm×5mmの面積内に1μm以上のゴミを0個にする必要があるからである。

【0063】SiNxの保護膜にピンホールがあった場合、図10のように、SiNx膜15aのピンホールの直下のMR素子パターン14の薄膜部分が腐食される。顕微鏡下でその反応を観察すると、パーマロイ膜面上でピンホール直下の反応は必ず人工汗液への浸漬、通電後、即発生し、反応ガスが湧き出す。ガラス面上にもピンホールがあると思われるが、反応すべき物質がないため反応ガスが湧き出してこない。

【0064】またMR素子パターン14のパーマロイ薄膜面上の反応は丸い状態で周囲に広がるが、保護膜がエポキシ樹脂の場合のように、基板のガラス部分を飛び超えて隣のパターンに反応が進むことはない。これは、ガラスとSiNxの密着度が高いためと思われ、パターンの縁の時点でストップする。また、エポキシ樹脂の場合のように反応が始まるといっせいに全面に広がるのではなく、浸漬後即ピンホール部から反応し、徐々にパーマロイ膜で時間をかけて広がり、最終的に断線する。

【0065】このためSiNx膜のみの保護膜の場合、人工汗液中での浸漬通電で100hr以上超えるものは、ピンホールの発生確率で決まってしまう。クラス1万程度のクリーンルーム中で作製したものは10%程度しかOKとならない。

【0066】これを改善する方法の1つとしてSiNxの膜厚を上げる方法がある。一般的には100オングストロームよりも200オングストロームと厚いほうが良いが、ピンホール数が大きく減少する屈曲点は500オングストローム以上である。500オングストローム以上～5μmまでは厚くする程徐々に少なくなるが、反面1μm以上厚くすると全応力がふえ、MR出力は徐々に低下し、5μm以上ではかなり低下してしまう。また1μm以上の厚みの場合、成膜時間がかなりかかり、生産性が極端に下がる。

【0067】以上のことを鑑み、保護膜15を多層膜とする。この場合、多層膜として2通り考えられ、一方は、MR素子パターン14の強磁性体薄膜の直上の膜を、密着度良くピンホールの少ない絶縁無機膜とし、その上に安価で厚く塗れる有機膜を形成するものとする。他方は、前記の直上の膜を、密着度良くピンホールの少ない絶縁無機膜とし、その上に成膜スピードの速い無機膜をコートするものとする。

【0068】上記のMR素子パターン14の薄膜の直上の保護膜は前述のようにSiNx膜が最適であり、その厚さは1μm程度が最適である。また、その上に有機膜を成膜する場合、UVエポキシ樹脂が最も望ましい。それはC1<sup>-</sup>イオン濃度が低く、密着度が高く、常温硬化できるという理由による。

【0069】以上のような理由から、保護膜15の最適なものとして、先述の図5のように、MR素子パターン14を形成した強磁性体薄膜17の直上にSiNx膜15aを成膜し、その上にUVエポキシ樹脂からなるエポ

キシ膜15bを成膜する。

【0070】ここで成膜方法を説明すると、まず後で多数のMR素子基板13として切断される大きなガラス板の上に蒸着によりパーマロイ膜を成膜し、エッチングにより電極16a、16bとMR素子パターン14の形状に加工する。この場合、前記1枚の大きなガラス板上に図4と同形状のパターンを例えば150ヶ以上いっしょに形成する。

【0071】その後、電極16a、16bの図4中下部側のみマスキングして、SiNx膜15aを1μmの厚さでスパッタする。即ち、SiNx膜15aはMR素子パターン14全部と電極16a、16bを含めてMR素子基板13上の図4中上半部全面を覆い、MR素子基板13の外縁となる切断前の前記大きなガラス板の境界まで覆う大きさに形成される。

【0072】次に、UVエポキシ樹脂からなるエポキシ膜15bをスクリーン印刷で成膜する。その厚みは8μm±3μmで成膜する。その時、エポキシ膜15bは、SiNx膜15a上からMR素子パターン14全体と電極16a、16bの上部は覆うが、MR素子基板13の外縁となる切断前の前記大きなガラス板の切断の境界までは覆わない大きさとする。つまりエポキシ膜15bは、その全周縁がSiNx膜15aの全周縁の内側に位置するようにSiNx膜15aの成膜領域の内側にSiNx膜15aより小さく形成する。これは前記の各膜の成膜後に前記の大きなガラス板をMR素子基板13の大きさに切断する時、エポキシ膜15bが切断される境界を覆っていて切断されると、切断面から剥離するためである。なおSiNx膜15aは精密切断刃で切断しても密着性が良いので剥離しない。

【0073】またSiNx膜上でのエポキシ膜はガラス基板上に比べ密着度も向上してエポキシ膜の端面からの剥離が減少することからも、エポキシ膜15bは上記のようにSiNx膜15aより小さく形成するのが良い。

【0074】このようにエポキシ膜15bを成膜した後、前記大きなガラス板をMR素子基板13の大きさに切断して磁気ヘッド8の素子部が完成する。

【0075】このように作製したサンプルについて促進、環境テストを行なったところ、100ヶ中100ヶ全て、100hr以上通電OKとなった。

【0076】また、保護膜15の他の実施例として、SiNx膜上にエポキシ膜のかわりに金属のCrをスパッタで5μmの厚さで成膜したところ、同様に100ヶ中100ヶ通電テストがOKとなった。

【0077】なお、図4中露出している電極16a、16bの下部は図5に示すようにハンダ18をつけた後、FPC（フレキシブルプリント板）9を接合し、その上から不図示のUVエポキシ樹脂で厚く覆うことにより腐食をさける。この部分は磁気スケール部7との距離が大きくなるので、エポキシ樹脂を厚くできる。

【0078】以上のような本実施例によれば、磁気ヘッド8のMR素子は、磁気スケール部7の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された線状のMR素子パターン14からなるので、前記パターンが1本しかなかった従来例に比べて格段に高い出力が得られる。

【0079】またMR素子の直上の保護膜をアモルファス化したSiNx膜15aとし、水分やイオン等の透過性が少なく、MR素子成膜時の温度より低温で成膜でき、しかも磁気スケール部7及びスライダ12の軸受部12aより硬いものとしたので、MR素子の腐食を防止できるとともに保護膜の成膜時の温度によりMR素子の特性を劣化させることがなく、さらに、保護膜の摩耗によるMR素子の断線を防止でき、磁気ヘッドの耐食性、電磁変換特性および耐久性を向上できる。

【0080】なお、MR素子の直上の保護膜はアモルファスSiNx膜が最適ではあるが、SiNx膜に限らず、条件に応じて、SiON、SiAlN等のSiとNと他の元素が入っている絶縁物や他の窒素化合物の絶縁物のアモルファス薄膜とすることも考えられる。

【0081】また、エボキシ膜15bの代わりに例えばアクリル樹脂などからなる他の有機系保護膜を形成しても良い。

【0082】また、MR素子基板13は、絶縁体のガラスからなるものとしたが、例えば半導体のSiからなり表面にSiO<sub>2</sub>などの絶縁層を形成したものでもよく、要するに少なくとも表面が絶縁体からなるものであれば良い。

【0083】[他の実施例]ところで、上記実施例のようにMR素子の薄膜をNi-Fe膜（パーマロイ膜）と

し、SiNx膜を保護膜とした場合、次のような問題点を生じた。それはSiNx膜をスパッタすることにより、Ni-Fe膜の全抵抗値が上昇してしまうという現象が発生することである。この上昇率は最低10%～最高50%以上にもなってしまう。この原因は明らかではないが、Ni-Fe膜の表面にSiNx膜が付着する時、SiNxがSiとNxに分解し、パーマロイに窒化現象を起こすためと思われる。

【0084】そこで、この問題に対処した実施例を以下に説明する。その実施例の具体的構成を説明する前に、その構成を想到するまでに検討した事項を説明する。

【0085】まず、上記問題に関して行なった実験を説明する。

【0086】基板上にNi-Fe膜を膜厚500オングストロームで形成し、パターンニングをしてエッチングし、2000Ω/1本のMR素子パターンを形成した。その後、SiNxのスパッタ時の逆スパッタと本スパッタによる抵抗上昇分を分離するため

(A) 逆スパッタのみで止めた場合

(B) 逆スパッタなしで本スパッタのみ行った場合

の2種類の検討を行った。本スパッタはSi99.99%の純度のターゲットでAr+N<sub>2</sub>の反応性スパッタにて行った。SiNx (x=1.0at%)は2μmの厚みである。

【0087】その結果、下記の表4の結果を得た。

【0088】

【表4】

(表4)

初期抵抗値	逆スパッタ後	本スパッタのみ	逆スパッタ+本スパッタ
2000Ω～2100Ω	変化分30Ω～50Ω	変化分50Ω～80Ω	変化分200Ω～300Ω

【0089】逆スパッタでの上昇分は、Ni-Fe膜が薄くなったためである。すなわち、濃度計で調べると全厚500オングストロームに対し約5～10オングストロームの減少が見られ、これによる膜の断面積の減少により膜全体の抵抗値が上がったものである。

【0090】一方、本スパッタのみの場合、Ni-Fe膜の膜厚変化はなく、抵抗値上昇は他の原因による。すなわち、パーマロイ(Ni-Fe)自体の固有抵抗値があがることにより、全体の抵抗が上昇したものである。

【0091】また、逆スパッタ後、本スパッタしたサンプルの抵抗値は200～300Ω(20%～30%)と大きく変化し、逆スパッタによる膜厚減少以外の要因の何かの変化分が加算し、変化率がよりアップする。これは逆スパッタによりパーマロイ表面の不働体膜(FeO又はNiO)が除去され、Nの影響がより受けやすくな

ったためと思われる。

【0092】そこで、SiNx膜とNi-Fe膜の中間にこれらの反応を防止するための中間絶縁膜を付着させることを考えた。この場合、

(1) 中間絶縁膜として必要なことはSiNxとNi-Fe膜の互いの反応を防止すること。

【0093】(2) SiNと中間絶縁膜とNi-Fe膜が応力的にバランスがとれて膜剥離のないこと。

【0094】(3) 中間絶縁膜にピンホール等の欠陥の少ないこと。

【0095】(4) 中間絶縁膜は勿論絶縁性のあること。

【0096】(5) 中間絶縁膜が磁性のないこと。

【0097】等が必要である。

【0098】これらのことから、中間絶縁膜として各種

金属膜は(4)の理由より除外された。そのためセラミックス膜が選択され、またセラミックスの中でも窒化物は(1)の理由で除外した。また硼化物、炭化物は、反応性スパッタで少なくとも200℃以下でピンホールの少ない膜が作成されにくいため除外された。このため酸化物のみに絞って検討した。

【0099】Al、Si、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Zr、Nb、Mo、Ta、W等の酸化物の薄膜を反応性スパッタで成膜して検討したところ、200℃以下で成膜でき、上記条件を満足するものは、Si系、Ti系、Cr系のみであった。

【0100】これらの膜は、200℃以下でもピンホールの少ない膜が得られ、膜密着強度も良かった。特にSiO<sub>2</sub>やTiO<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物の酸化度が完全でない中間酸化物が優れていた。SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とも完全な酸化物を形成するためには、高温中300℃以上のスパッタ反応が必要のため、200℃以下ではAr中の酸素分圧をふやしても作成することができなかった。

【0101】また、単一元素の中では、Si(純度が5ナイン以上のとき)は $2.3 \times 10^{+5} \Omega \text{cm}$ 、Tiは $4.2 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ 、Crは $2 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}$ というように、Siのみ抵抗値が高く、 $10^5 \Omega \text{cm}$ 以上のものを絶縁物とすると、Siのみ絶縁膜になり得る。

【0102】次に、パーマロイ膜上にSiN膜を成膜した場合と、パーマロイ膜上にSiの中間絶縁膜を成膜した上にSiN膜を成膜した場合のそれぞれについて、表面からの深さ方向におけるSi、N、Fe、Niの各元素の量をマイクロオージェ( $\mu$ -AES)にて分析した結果を図11、図12のグラフにより説明する。

【0103】図11のグラフは、膜厚500オングストロームのパーマロイ膜の直上にSiN膜を反応性スパッタにて700オングストロームの膜厚に形成した試料を表面よりスパッタエッチングして、Si、N、O、Fe、Niの各元素量を表面から深さ方向に分析したものである。縦軸は各元素量に対応するオージェ電子カウント数を示し、横軸はエッチング時間を示している。

【0104】図12のグラフは、膜厚500オングストロームのパーマロイ膜の直上にSi膜を70オングストロームの膜厚で形成し、その上にSiN膜を630オングストロームの膜厚で形成した試料を表面よりスパッタエッチングして各元素量を分析したものである。

【0105】図11と図12のグラフを比較してわかることは、SiとNとOはFe、Ni元素と拡散する領域が両方あるが、特にSiが中間絶縁膜としてある場合、N、Oの拡散よりSiの拡散が深い。また、Siが中間絶縁膜としてない場合、Oに比べNは深く拡散する。OはSiが中間絶縁膜としてある場合、ない時より多く存在する。この原因は不明である。なお、ここでいう拡散とは、各元素が重なり合っている領域をさす。

【0106】これらのことから、Siが中間絶縁膜として存在する場合、パーマロイの窒化(Nの拡散)が少ないことが判明した。これは、SiとNi-Fe(パーマロイ)の両者の元素との特別な関係(お互いに拡散しやすい)のため、Nの拡散が防止されるからと思われる。

【0107】以上の検討事項から中間絶縁膜として、Si膜、SiO膜、TiO膜あるいはCrO膜を成膜する構成を想到した。その実施例の具体的な構成を以下に説明する。

【0108】図13は、上記中間絶縁膜を形成した本実施例の磁気ヘッドのMRヘッド素子部の断面を示しており、先の実施例の図5の断面図に対応しており、図5中と共通ないし対応する部分には同一の符号が付してある。

【0109】図13に示した構造において、SiO<sub>2</sub>系のガラスからなるMR素子基板13上にNi-Fe(80%Ni)のパーマロイ膜17を500オングストロームの膜厚に蒸着し、フォトリソエッチングして図4のようにMR素子パターン14と電極16a、16bを形成し、MR素子の全抵抗値を2000Ωとなるようにした。その上に順次、中間絶縁膜20、SiNx膜(x=1.0at%)15a、アクリル膜15bを形成した。

【0110】中間絶縁膜20とSiNx膜15aの形成は反応性スパッタで行い、その際、パーマロイ膜17の逆スパッタでは50Ω以下の抵抗上昇率となるように抑えた。中間絶縁膜20の膜厚は70オングストロームとし、SiNx膜15aの膜厚は2μmとした。アクリル膜15bの膜厚は20μmとした。また図5の実施例と同様に電極16a、16bにハンダ18でFPC9を接続した。

【0111】そして、この構造で中間絶縁膜20をSiで形成したもの、SiOで形成したもの、TiOで形成したもの、及びCrOで形成したものをそれぞれ作製し、MR素子の全抵抗値の変化(上昇)を測定したところ、初期抵抗値が2000~2100Ωであって、変化はいずれも+50~70Ωであり、MR素子の抵抗値の変化を問題のない程度に小さくできることがわかった。

【0112】なお、このように中間絶縁膜20としてSi、SiO、TiO、CrOのいずれの膜でもよいが、Si膜またはSiO膜とした場合は中間絶縁膜20とSiNx膜15aの形成を一つのターゲットでバルブ操作のみで連続して行なえるため効率がよいという利点がある。

【0113】なお、中間絶縁膜20の厚みについて検討を行った結果を説明しておく。検討品は中間絶縁膜をSi(99.999%)膜として行ったが、極微少な膜厚10オングストロームでも十分効果があつた。この場合、膜そのものは島状となり、均一膜でないと思われるが、SiNxでない他の膜質の異なる物質を微少でも配置するだけで、SiNx膜とパーマロイ膜の反応を防ぐ

ことができる。また、膜厚を1000オングストローム以上とした場合、いずれもSiNxに比べピンホールが多く、耐環境特性が劣った。一般的に塩水噴霧中で1000hrの連続通電で断線しないことが必要であるが、1000オングストローム以上のものは、10個中2～3個が500hrで断線してしまった。10～1000オングストロームのものはOKであり、特に50～200オングストロームのものは10個中10個全て1000hr通電でOKとなった。従って中間絶縁膜20の膜厚は50～200オングストロームとするのが良い。

【0114】以上のように、本実施例によれば、中間絶縁膜20により、MR素子を形成したパーマロイ膜17とSiNx膜15aの反応を防止してその反応によるMR素子の抵抗値の上昇を防止することができ、磁気ヘッドの特性を向上することができる。

【0115】なお中間絶縁膜20は上述したSi、SiO、TiO、CrOに限らず、窒素を含まない他の無機系絶縁物の膜としても良い。

【0116】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、キャリッジ位置の検出手段として磁気スケール部と磁気ヘッドからなる磁気式リニアエンコーダを備えた記録装置において、前記磁気ヘッドのMR素子は、磁気スケール部の長さ方向に沿って磁気スケール部の着磁のピッチに対応したピッチで複数本並んで形成された強磁性体薄膜からなる線状のMR素子パターンからなるので、細くて着磁のピッチが非常に小さな磁気スケール部を用いても磁気ヘッドから充分に高い検出出力を得てキャリッジの位置検出を確実にこなうことができ、キャリッジ位置検出を非常に高精度に、かつ高速に行なうことができる。とともに、記録装置の省スペースを図ることができる。

【0117】また、MR素子を覆う保護膜がアモルファス窒素化合物絶縁体からなるので、水分やイオン等の透過性が少なく、MR素子の耐食性を向上できるとともに、MR素子の成膜時の温度より低温で成膜でき、MR素子の磁気特性の劣化を防止できる。

【0118】また、保護膜の硬さは、磁気ヘッドのスライダの磁気スケール部を摺動可能に嵌合する滑り軸受部および磁気スケール部より硬いことにより、保護膜の摩擦によるMR素子の断線を防止できる。

【0119】さらに、MR素子を形成した強磁性体薄膜と保護膜との間に、保護膜の成膜時の強磁性体薄膜との反応を防止する中間絶縁膜を有することにより、前記反応を防止して前記反応によるMR素子の抵抗値の上昇を防止できる等の優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の記録装置のキャリッジ位置検出に関わる要部の構成を示す斜視図である。

【図2】同装置の磁気式リニアエンコーダを構成する磁気スケール部と磁気ヘッドの上面図である。

【図3】図2のA部の断面を拡大して磁気スケール部の着磁状態とMR素子パターンの配置等を模式的に示した説明図である。

【図4】磁気ヘッドのMRヘッド素子部の表面の保護膜を透視して示す平面図である。

【図5】同MRヘッド素子部の模式的な断面図である。

【図6】従来の記録装置の磁気式リニアエンコーダの磁気ヘッド要部の構造を示す断面図である。

【図7】磁気スケール部の異なる構成例を示す斜視図である。

【図8】Si化合物薄膜形成時の基板温度と薄膜の硬さの関係を示すグラフ図である。

【図9】Si化合物薄膜形成時の基板温度と、薄膜の封止特性を示す飽和磁束密度Ms残存率との関係を示すグラフ図である。

【図10】保護膜のピンホールによりMR素子パターンの薄膜の腐食が発生する様子を示した断面図である。

【図11】パーマロイ膜の直上にSiN膜を形成した試料を表面よりスパッタエッチングして、表面からの深さ方向における各元素量をマイクロオージェにて分析した結果を示すグラフ図である。

【図12】パーマロイ膜の直上にSi膜を形成し、その上にSiN膜を形成した試料の各元素量を分析した結果を示すグラフ図である。

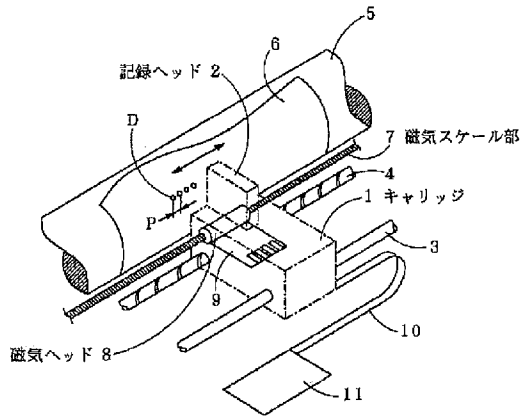
【図13】他の実施例によるMRヘッド素子部の模式的な断面図である。

【符号の説明】

- 1 キャリッジ
- 2 記録ヘッド
- 3 ガイドバー
- 4 案内軸
- 5 プラテン
- 6 記録シート
- 7 磁気スケール部
- 8 磁気ヘッド
- 9 フレキシブルプリント板
- 12 スライダ
- 13 MR素子基板
- 14 MR素子パターン
- 15 保護膜
- 15a SiNx膜
- 15b エポキシ膜（又はアクリル膜）
- 16a、16b 電極
- 17 強磁性体薄膜（パーマロイ膜）
- 18 ハンダ
- 20 中間絶縁膜

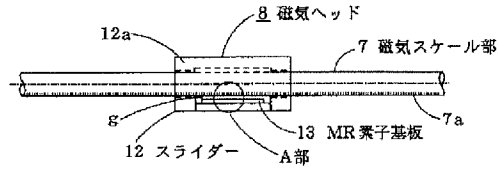
【図 1】

( 図 1 )



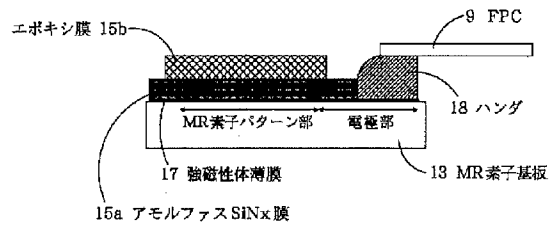
【図 2】

( 図 2 )



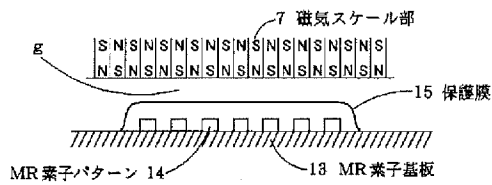
【図 5】

( 図 5 )



【図 3】

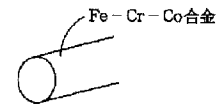
( 図 3 )



【図 7】

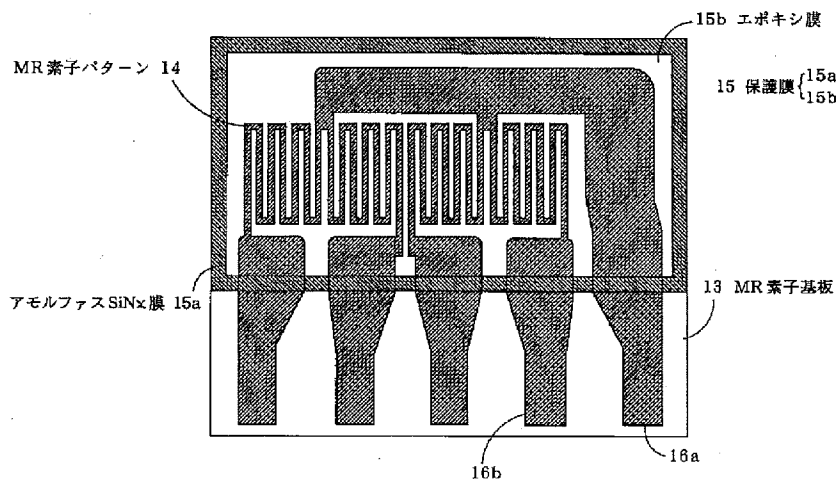
( 図 7 )

( a )

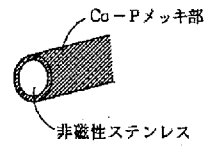


【図 4】

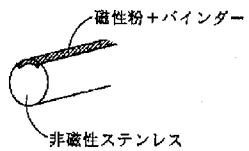
( 図 4 )



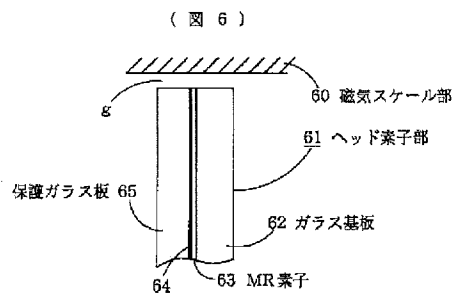
( b )



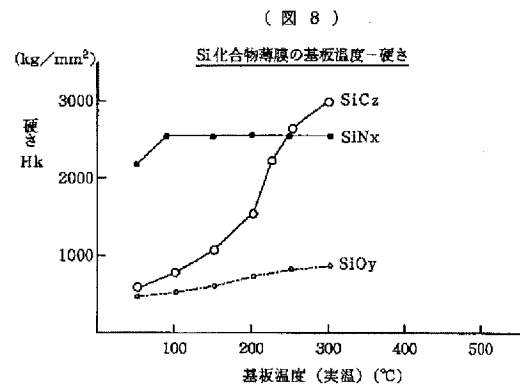
( c )



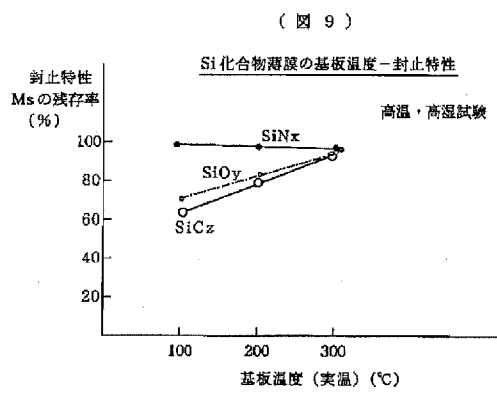
【図 6】



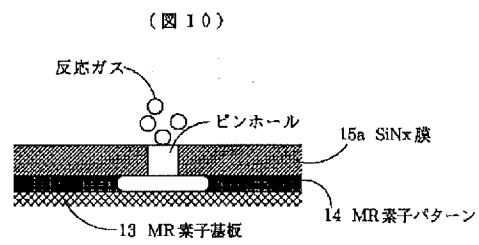
【図 8】



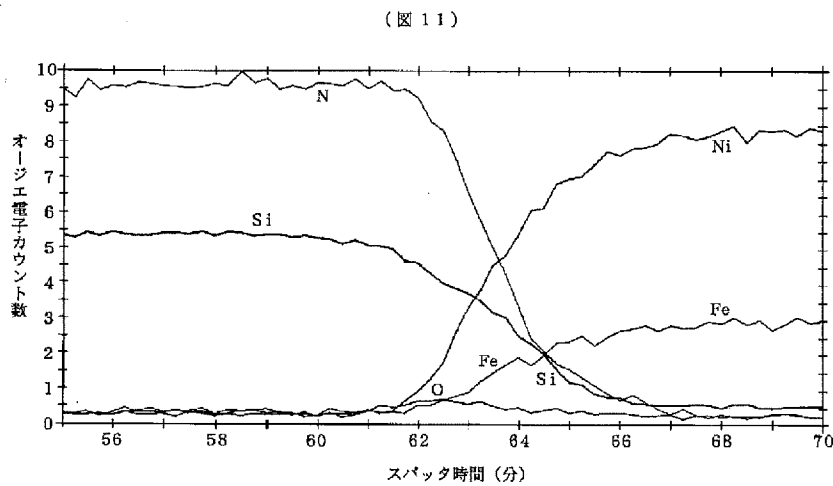
【図 9】



【図 10】

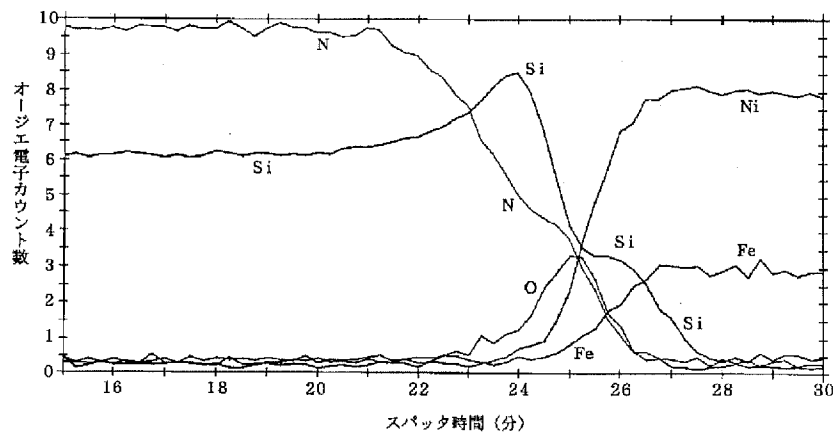


【図 11】



【図12】

(図12)



【図13】

(図13)

